

BOOK REVIEWS



Mario H. Ramírez Díaz

*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada,
Unidad Legaria, Instituto Politécnico Nacional.
Legaria, 694. Col. Irrigación, Del. Miguel Hidalgo, CP 11500, México D. F.*

E-mail: mramirezd@ipn.mx

(Recibido el 8 de Marzo de 2010; aceptado el 6 de Mayo de 2010)

Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos

Ayala, M., Romero, A., Malagón, J., Rodríguez, O., Aguilar, Y. y Garzón, M.
131 pp., editado por Universidad de Antioquia y por Universidad Pedagógica Nacional,
Bogotá, Colombia, 2008.
ISBN: 978-958-8316-56-7.

El libro “*Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos*” de María Mercedes Ayala Manrique *et al*, da al lector una visión sobre la problemática que representan los procesos de formalización en física. A partir de reconocer la problemática existente en la relación entre la física y la matemática, los autores muestran la preocupación que ha inquietado tanto a filósofos y epistemólogos de la ciencia a lo largo de la historia.

El libro es parte del informe final del proyecto de investigación “*Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos: El caso de los fenómenos mecánicos*”, realizado entre 2003 y 2008, con el auspicio de la Universidad Pedagógica Nacional y la Universidad de Antioquia, en Colombia.

El libro presenta los avances logrados en la investigación y se divide en dos partes. En la primera se pretende aportar a la reflexión general sobre la formalización y matematización en la física. En la segunda parte se analiza el proceso de constitución de dos magnitudes físicas –la velocidad angular y la presión interna-. Se busca con estos análisis establecer líneas de continuidad conceptual entre la organización de los fenómenos mecánicos y los procesos de identificación y cuantificación de las magnitudes físicas involucradas.

La primera parte lleva por nombre “*Elementos para una reflexión sobre la formalización y matematización en la física*” y su primer capítulo es “*Consideraciones Sobre la Formalización y Matematización de los Fenómenos Físicos*”. Este primer capítulo es una versión ampliada de la ponencia publicada en las Memorias del Congreso Nacional de Enseñanza de la Física, en la Universidad Pedagógica Nacional en Bogotá en 2004, además de haber sido publicado como artículo en la revista *Práxis filosófica*, nueva serie N. 25, julio-diciembre 2007, pp. 39-54. Este primer capítulo aborda en principio el carácter formal del conocimiento, a partir del desarrollo de la

Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 4, No. 2, May 2010

concepción constructivista del conocimiento. Muestra la dificultad en la unión entre lo físico y lo matemático y considera que no se trata de unir formas de conocimiento radicalmente diferentes; formula que la Física y la Matemática pueden compartir formas similares en cuanto se pueden considerar que son elaboraciones formales de lo externo. Más adelante, propone diferentes tipos de formalización: Formalización de carácter pragmático, Aplicación de las matemáticas en el análisis de los fenómenos físicos, Axiomatización de las teorías físicas y unificación de campos fenoménicos y matematización de un campo fenoménico. Este primer capítulo concluye asegurando que no hay distinción de base entre formalizar y matematizar, máxime si se toma en cuenta que matematizar no se reduce a cuantificar.

El segundo capítulo tiene por título: “*La Búsqueda de los Principios Fundamentales de la Mecánica: Euler y d’Alembert*”. El texto de este capítulo fue presentado en la conferencia “*d’Alembert i lumini, l’Europe*”, celebrada entre el 24 y 29 de septiembre de 2006, en Trento, Italia. En este capítulo se dan a conocer algunos de los aportes de la fundamentación de la mecánica adelantados por Euler y puestos en relación con algunas de las respectivas propuestas hechas por d’Alembert. Se presenta el contexto histórico de la mecánica en tiempos de Euler y d’Alembert, afirmando la influencia que ambos tienen por las tradiciones lebniziana y cartesiana al hacer uso del análisis y de formular principios fundadores.

Por otro lado, aborda como estudio de caso la significación de la ley de inercia y su relación con su concepción de espacio, tiempo y movimiento como conceptos fundamentales de la mecánica. Se pone en evidencia que si bien los fundamentos epistemológicos en los que se basan sus concepciones de la mecánica son diferentes, estos pensadores tienen en común características importantes del estilo científico. Se concluye que la relación entre la física y la matemática

<http://www.journal.lapen.org.mx>

existente desde los inicios de su desarrollo permite afirmar que la mecánica es una ciencia matematizable de un género particular.

El tercer capítulo se titula: “De la Mecánica Racional a la Termodinámica General o Energética: La Física de Pierre Duhem”. En este capítulo se estudia la crítica hecha por Duhem al mecanicismo por su carácter reduccionista. Esta crítica se estudia en tres ángulos: Reduccionismo vs holismo, Apariencias vs Lo Fenomenológico y Substancialismo vs Lo Simbólico. Se centra la atención a la perspectiva “Duhemiana”, es decir, la fenomenológica y se aborda el problema de la magnitud del cambio de estado. Con este enfoque se estudia el concepto de magnitud desde los comparativos de cantidad vs cualidad, extendiendo este comparativo a la noción de medida. Se hace referencia a Duhem acerca del hecho de que en física, las cualidades son identificadas como sensaciones y con ello es claro su contexto físico experiencial. Posteriormente, se resalta que desde la perspectiva de Duhem lo sensible, lo físico, resulta ser fundamental. De ahí que la indagación por la esencia de las cosas ahora se cambia por la necesidad práctica de actuar sobre los cuerpos del mundo exterior y de modificarlos según nuestras necesidades. Necesidades que en el terreno de la construcción de las teorías físicas, sin lugar a dudas, resultan ser cognitivas.

La segunda parte del libro lleva por título “Procesos de Construcción de Algunas Magnitudes Físicas en Contextos de Enseñanza”, siendo su primer capítulo “Caracterización del Movimiento de Rotación Respecto a un Punto Fijo. Análisis de un Proceso de Formalización”. En este capítulo se reflexiona nuevamente sobre la relación entre la Física y la Matemática y su ubicación en el contexto de la construcción de conocimiento. En particular, el capítulo busca mostrar como la organización de los fenómenos relativos al movimiento de rotación de los cuerpos rígidos requiere de la elaboración de una forma de caracterizar y de referirse a este movimiento que implica, construir las magnitudes del tipo que se suele calificar como axial. Nuevamente los autores se remiten a Euler en su manera de proceder a la construcción de magnitudes. Para una descripción inicial sobre el movimiento de rotación, los autores abordan algunos rasgos fenomenológicos de este tipo de movimiento, tomando algunos casos particulares a manera de ejemplo, tal es el caso del trompo normal y el giroscopio. Posteriormente, se estudia la problemática que implica construir las magnitudes necesarias para especificar el movimiento de rotación de cuerpos rígidos, haciendo lo anterior de manera análoga a la forma de proceder de Euler. Se señala que en términos generales (de acuerdo a Euler) el movimiento de un cuerpo sólido respecto al centro de masa es siempre un movimiento infinitesimal de rotación respecto a un eje que en el instante en cuestión pasa por el centro de masa. Se muestran de manera general las demostraciones, tanto geométrica como analítica, de la aseveración anterior. Más adelante se analiza el movimiento de cuerpo rígido desde una perspectiva de estados, teniendo para esto que definir al estado en relación a una propiedad o cualidad,

ligando la idea de estado a la idea misma de permanencia, indiferencia y pasividad.

De lo anterior señalan los autores, se tienen dos importantes implicaciones para el movimiento rotacional: una, un cuerpo o un sistema no puede cambiar su estado de movimiento por sí mismo, y dos, no es posible que un cuerpo cambie su estado de movimiento sin que haya al menos otro que lo haga. Con estas ideas, se formulan cuestiones tales como si la velocidad angular en una variable de estado. Al responder a este tipo de cuestiones se llega a afirmar que para poder pensar en estados de rotación es necesario considerar la rotación respecto a un eje principal, si el cuerpo rota respecto a un eje arbitrario, a medida que lo hace y sin la acción de una fuerza externa, el eje experimenta un torque haciendo que otros puntos del cuerpo configuren un nuevo eje en torno al cual se lleva a cabo instantáneamente la rotación, es decir, que el eje cambia su dirección respecto al cuerpo. Basado en las ideas previas y de manera análoga a como la masa es definida como la magnitud que identifica al cuerpo con relación al movimiento de translación, en el caso de la rotación de los cuerpos determinan el momento de inercia expresado como:

$$\int (r^2 - (\vec{r} \cdot \hat{\Omega})^2) dm = \int \rho^2 dm$$

Donde ρ es la distancia del elemento de masa dm al eje $\hat{\Omega}$ que define, además, la distribución de masa del cuerpo respecto a éste y da cuenta de la oposición que exhibe el cuerpo cuando modifica la magnitud de la velocidad angular de su movimiento de rotación. A partir de este momento de inercia es posible definir el tensor de inercia como:

$$\hat{I} = \int r^2 \hat{1} - \vec{r}\vec{r}) dm$$

Siendo $\hat{1}$ el operador unidad. I representa los momentos de inercia para todos los ejes de rotación permisibles que pasan por el punto fijo, resultando ser una magnitud adecuada para caracterizar el comportamiento del cuerpo con relación a un movimiento en el que permanece fijo un punto de este en cuanto tal movimiento se puede pensar como rotación respecto a dicho punto. Finalmente en este capítulo se estudian las implicaciones pedagógicas de este tipo de movimientos. Identifican tres núcleos problemáticos, con los que diseñaron e implementaron tres talleres en la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia: 1) La identificación y caracterización del eje y especificación del plano de rotación como términos primarios a partir de los cuales se puede describir el movimiento de rotación, 2) La interacción entre cuerpos que rotan, la dirección de la velocidad angular, y la transmisión y conservación del momento angular; y 3) Determinación de las condiciones para producir un cambio en la dirección del eje de rotación.

El último capítulo se titula “La Formalización del Estado de Equilibrio de los Fluidos. El concepto de

Presión Interna como Variable de Estado". En este capítulo se toma nuevamente como base a Euler para hacer un análisis histórico epistemológico de la configuración del concepto de presión interna y fuerza. El texto plantea el hecho que desde tempranas edades se sabe de la experiencia que el comportamiento de los medios fluidos presenta notables diferencias con respecto al de los cuerpos sólidos. Se formula más adelante que en la mayoría de los textos introductorios de Física a nivel universitario que abordan la hidrostática y la hidrodinámica, la presión se asume como una acción ejercida sobre una superficie determinada y se define como una fuerza ejercida por unidad de área: $P = \vec{F}/A$. Se menciona el hecho de que algunas investigaciones recientes en el campo de la Física Educativa no sólo constatan la confusión (mal uso de vectores y escalares, desde el punto de vista matemático) causada por tal interpretación entre el concepto de presión y el concepto de fuerza, sino que resaltan la ambigüedad con la que el concepto de presión es introducido en la mayor parte de los libros de texto de Física usados.

Posteriormente, se formulan una serie de preguntas tales como: ¿Cómo propiciar en la enseñanza de la Física la significación del concepto de presión como variable de estado? ¿Cómo favorecer, desde los cursos introductorios de física, una organización de los fenómenos fluidos

acorde con las perspectivas contemporáneas de la física?; y con el afán de responderlas se hace un análisis histórico y epistemológico de la obra de Euler en hidrodinámica. Dicho estudio comienza con el concepto de presión interna de Euler, para continuar con la presión interna como variable de estado, expresando a la misma presión como una magnitud intensiva cuyo valor se define en relación a un elemento de superficie. A partir de lo anterior se posibilita plantear una manera alternativa de abordar y enseñar los problemas relacionados con la hidrostática y la hidrodinámica.

Finalmente, el libro presenta una sección de conclusiones, donde considera la formalización como una categoría central para el análisis del conocimiento de los procesos cognitivos. Cuando se considera la física se suele hacer distinciones con otro tipo de conocimientos; la formalización en Física se hace a través de las Matemáticas, estableciéndose entre éstas, una íntima relación que no se suele reconocer en otros conocimientos y disciplinas. Los autores afirman que la experiencia y el experimento juegan un papel muy importante en los procesos de formalización y matematización de los fenómenos físicos. Aseveran, en términos generales, que el proceso de construcción de magnitudes está indisolublemente ligado ya sea a la organización de la experiencia o a los procesos de ampliación de la misma.